پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۷، صفحۀ ۱۱۳-۱۰۰

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 100-113
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.60322

بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات زراعی در لاین‌های عدس

محمدحسن رحیمی[1*]، سعداله هوشمند[2]، محمود خدامباشی[2] و نرگس قاسمی سیانی[3]

۱- دانش‌آموخته دکتری تخصصی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۲- استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(به‌ترتیب، s_houshmand@yahoo.com و mkhodambashi@yahoo.com)
۳- دانش‌آموخته دکتری تخصصی اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی،
دانشگاه شهرکرد، ghasemi1364@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

چکیده

آگاهی‌داشتن از میزان تنوع ژنتیکی و ارتباط بین صفات، از اهمیت ویژه‌ای در پیشبرد تحقیقات به‌نژادی و انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب، برخوردار است. از این‌رو، به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی روابط بین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در لاین‌های عدس، آزمایشی در قالب طرح لاتیس ساده ۱۰×۱۰ با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. به دلیل عدم معنی‌دارشدن اثر بلوک‌های ناقص درون هر تکرار برای کلیه صفات، داده‌ها به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تجزیه واریانس حاکی از وجود تنوع بالا در بین لاین‌های مورد مطالعه از لحاظ کلیه صفات بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات نشان داد لاین‌های ILL590، ILL947، ILL3963، ILL2795، ILL461، ILL459، ILL353 و ILL5888 از لحاظ عملکرد دانه و سایر صفات، برتر از سایرین بودند. بیشترین مقدار ضریب تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی برای صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته، عرض برگ و عملکرد زیستی به‌دست آمد. نتایج حاصل از بررسی همبستگی‌های ساده نشان داد که تعداد و وزن غلاف در بوته، تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ازجمله صفات مهم و مؤثر بر روی عملکرد دانه بودند. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از ۱۳صفت زراعی، نشان از انتخاب چهار عامل داشت که در مجموع ۷۷/۹۷درصد از تنوع کل را توجیه کردند. تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward، لاین‌های مورد بررسی را در هشت خوشه قرار داد و لاین‌های برتر در خوشۀ هشتم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه کلاستر، تنوع ژنتیکی، لاین‌های عدس، همبستگی

مقدمه

حبوبات با داشتن مقادیر بالای پروتئین، به‌عنوان دومین منبع غذایی بشر شناخته شده که در ترکیب با غلات می‌توانند یک رژیم غذایی ارزشمند را فراهم نمایند. عدس (*Lens culinaris* Medik.) گیاهی یک‌ساله، خودگرده‌افشان و دیپلوئید (2n=2x=14) بوده و به دلیل زمان پخت کمتر در مقایسه با سایر حبوبات و دارابودن مقادیر فراوان پروتئین (۲۸درصد)، ریزمغذی‌ها و ویتامین در دانه خود، یکی از مهم‌ترین حبوباتی است که در سراسر دنیا در رژیم‌های غذایی مورد مصرف قرار می‌گیرد (Iqbal *et al*., 2006). همچنین کاه و کلش آن که حاوی دو درصد مواد معدنی و ۵۹درصد کربوهیدرات است و به‌عنوان خوراکی باارزش در تغذیه دام درنظرگرفته می‌شود (Hoover *et al*., 2010).

آمار انتشاریافته توسط سازمان خواربار جهانی (FAO) در سال ۲۰۱۴ نشان می‌دهد که با اختصاص ۴/۵۲میلیون هکتار به کشت عدس، میانگین عملکرد ۱۰۵۱/۴۶کیلوگرم در هکتار برای آن به‌دست آمده است. در این بین، کشورهای کرواسی و نیوزلند به ترتیب با ۲۸۶۲/۱ و ۲۷۰۵/۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد عدس را داشتند. ایران نیز با سطح زیرکشت ۱۴۰هزار هکتار و میانگین ۵۶۰/۷۷کیلوگرم در هکتار، در جایگاه ۴۲ از لحاظ عملکرد دانه عدس قرار داشت (FAOSTAT, 2014). از جمله دلایل پایین‌بودن میزان عملکرد دانه عدس در کشور می‌توان به کشت این محصول در مناطق دارای حاصلخیزی کم، عدم انجام عملیات زراعی مناسب

*نویسنده مسئول: moh124000@gmail.com

و عدم کشت ارقام و ژنوتیپ‌های پرمحصول اشاره کرد (Muehlbauer *et al*., 2006).

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت دنیا و کمبود مواد غذایی، ارائه راهکارهای اصلاحی جهت افزایش عملکرد گیاهان زراعی، ضروری به نظر می‌رسد. در این بین، آگاهی از تنوع ژنتیکی و مدیریت منابع ژنتیکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گام‌های پروژه‌های اصلاح نباتات تلقی می‌شود. تنوع، مبنای تمام گزینش‌ها است و با بالارفتن آن در یک جمعیت، دامنه انتخاب وسیع‌تر می‌شود (Whitt *et al*., 2010). در صورت وجود مواد ژنتیکی مناسب و دارای تنوع، می‌توان به موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی امیدوار بود و از تنوع موجود، جهت گزینش ارقام پرمحصول و یا انتقال ژن‌های مطلوب به ارقام زراعی استفاده نمود (Rasmusson *et al*., 1997). نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تنوع ژنتیکی، در انتخاب روش‌های مناسب تلاقی و پرهیز از تلاقی‌های بی‌ثمر به‌کار برده می‌شوند. علاوه بر موارد ذکرشده، با مطالعه تنوع می‌توان از روابط بین صفات نیز اطلاع یافت و مناسب‌ترین و منطقی‌ترین نسبت بین اجزاء را که منجر به عملکرد بیشتر می‌گردد، انتخاب کرد (Muhammed, 2012). در این رابطه، استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی در بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی اجزای عملکرد متداول بوده و به‌نژادگران معمولاً از آن‌ها به‌عنوان معیارهای گزینش جهت بهبود عملکرد دانه استفاده می‌نمایند (Singh *et al*., 1991).

در خصوص بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات زراعی در گیاه زراعی عدس، پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعه Ahmed (2009) اشاره کرد که در بررسی ۲۲ژنوتیپ عدس ضمن مشاهده تنوع قابل‌توجه از لحاظ روز تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته، بیان داشتند که صفات مذکور دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه هستند. Alam *et al*, (2011) با مطالعه ۲۴ژنوتیپ عدس نشان دادند که عملکرد دانه با صفاتی نظیر وزن۱۰۰دانه، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار است. Ahmed *et al*, (2014) تنوع قابل‌ملاحظه‌ای بین ۱۱۰ژنوتیپ عدس از نظر روز تا اولین و ۵۰درصد گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در پدانکل و بوته، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه در بوته مشاهده کردند. Gautam *et al*, (2014) در بررسی ۱۰۸۶توده عدس طی دو سال متوالی نشان دادند که صفات روز تا۵۰درصد گلدهی و رسیدگی، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه دارای بیشترین مقادیر مربوط به وراثت‌پذیری، ضریب تغییرات ژنتیکی و پیشرفت ژنتیکی بوده و استفاده از صفات مذکور را در انتخاب به‌منظور بهبود عملکرد دانه پیشنهاد نمودند.

با توجه به اهمیت ارزیابی تنوع در برنامه‌های اصلاحی مرتبط با افزایش عملکرد دانه عدس، تحقیق پیش‌رو با هدف مطالعه تنوع ژنتیکی در لاین‌های خالص عدس از لحاظ صفات اگرومورفولوژیکی، تعیین روابط بین عملکرد دانه با سایر صفات زراعی و انتخاب لاین‌های خالص برتر با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی اجزای عملکرد در لاین‌های عدس، پژوهش حاضر در قالب طرح لاتیس ساده ۱۰×۱۰ با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد با عرض جغرافیایی ۳۲درجه و۲۰دقیقه شمالی و طول جغرافیایی۵۱درجه و۵۰دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۰۶۱/۴متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. به دلیل عدم معنی‌دارشدن اثر بلوک‌های ناقص درون هر تکرار برای کلیه صفات، داده‌ها به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (John & John, 1971). لازم به ذکر است که کلیه لاین‌های مورد بررسی از سری ژرم‌پلاسم مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) بودند (جدول ۱).

عملیات تهیه زمین با انجام شخم به عمق ۲۵سانتی‌متر و دیسک‌زنی، اضافه‌کردن ۵۰کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و۳۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ایجاد جوی و پشته در زمستان سال۱۳۹۱ صورت پذیرفت. کاشت بذر در اواخر اسفندماه به‌صورت دستی انجام شد؛ به‌طوری‌که هر کرت آزمایشی شامل دو خط به طول یک متر و با فاصله خطوط ۳۰سانتی‌متر و فاصله بذور بر روی خطوط۱۰سانتی‌متر و عمق بذر حدود ۵-۳سانتی‌متر درنظرگرفته شد. در مرحله داشت، برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی در چندین مرحله صورت گرفت. آبیاری به‌روش جویچه‌ای بلافاصله پس از کاشت و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (زمانی که برگ‌ها شروع به زرد شدن کرده و۵۰درصد غلاف‌ها در هر کرت آزمایشی به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای تغییر رنگ دادند)، به فاصله هر۱۰روز یک‌بار انجام شد (Bayoumi, 2008). پس از رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت آزمایشی۱۰بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و صفاتی نظیر تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، وزن۱۰۰دانه (گرم)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته (گرم)، طول و عرض برگ (سانتی‌متر)، قطر دانه (میلی‌متر)، قطر ساقه (میلی‌متر)،

عملکرد زیستی در بوته (گرم) و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (درصد) از رابطه زیر استفاده شد (Ritchie *et al*., 1990):

$$RWC= ((Fw – Dw) / (Sw –Dw)) \times 100$$

که در آن Fw: وزن‌تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، Dw: وزن خشک برگ بعد از قرارگرفتن در آون و Sw: وزن اشباع برگ بعد از قرارگرفتن در آب مقطر است.

جدول ۱- لیست لاین‌های عدس مورد استفاده در این پژوهش

Table 1. List of lentil lines used in this study

شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line	شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line	شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line	شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line	شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line
1	ILL29	21	ILL635	41	ILL1372	61	ILL1871	81	ILL3071
2	ILL45	22	ILL648	42	ILL1384	62	ILL1877	82	ILL3093
3	ILL48	23	ILL662	43	ILL1399	63	ILL1886	83	ILL3448
4	ILL52	24	ILL665	44	ILL1401	64	ILL1890	84	ILL3510
5	ILL100	25	ILL702	45	ILL1405	65	ILL1898	85	ILL3685
6	ILL195	26	ILL752	46	ILL1448	66	ILL1921	86	ILL3963
7	ILL254	27	ILL919	47	ILL1516	67	ILL1926	87	ILL3973
8	ILL262	28	ILL947	48	ILL1541	68	ILL1948	88	ILL4094
9	ILL312	29	ILL975	49	ILL1645	69	ILL2126	89	ILL4174
10	ILL331	30	ILL982	50	ILL1760	70	ILL2143	90	ILL4290
11	ILL353	31	ILL983	51	ILL1832	71	ILL2153	91	ILL4605
12	ILL361	32	ILL1002	52	ILL1833	72	ILL2178	92	ILL5888
13	ILL437	33	ILL1021	53	ILL1834	73	ILL2191	93	ILL6183
14	ILL459	34	ILL1081	54	ILL1835	74	ILL2257	94	ILL6184
15	ILL460	35	ILL1083	55	ILL1837	75	ILL2258	95	ILL6535
16	ILL461	36	ILL1196	56	ILL1838	76	ILL2307	96	ILL6536
17	ILL462	37	ILL1199	57	ILL1845	77	ILL2308	97	ILL6538
18	ILL465	38	ILL1207	58	ILL1847	78	ILL2360	98	ILL6539
19	ILL523	39	ILL1222	59	ILL1849	79	ILL2795	99	ILL6554
20	ILL590	40	ILL1370	60	ILL1870	80	ILL3035	100	ILL7115

پارامترهای ژنتیکی وراثت‌پذیری (h^2)، ضریب تغییرات ژنتیکی (GCV) و فنوتیپی (PCV) و پیشرفت ژنتیکی (GA) به روش جدول تجزیه واریانس با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Fehr, 1987):

رابطه ۱
$$h_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} \times 100$$

رابطه ۲
$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_{ph}^2}}{\bar{x}} \times 100$$

رابطه ۳
$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100$$

رابطه ۴
$$GA = \left(\frac{h_b^2 \times K \times \sigma_{ph}}{\bar{x}}\right) \times 100$$

که در آن که در آن h^2_b: وراثت‌پذیری عمومی، σ^2_g: واریانس ژنتیکی، σ^2_{ph}: واریانس فنوتیپی، K: شدت گزینش (در سطح ۵ درصد = ۲/۰۶) و $\bar{x}$ میانگین کل است.

تجزیه‌های آماری فوق به همراه برآورد ضرایب همبستگی پیرسون، تجزیه به عامل‌ها (به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و با استفاده از چرخش وریماکس) و تجزیه خوشه‌ای (به روش Ward با استفاده از فاصله توان دوم اقلیدسی) با نرم‌افزارهای SPSS 20 و SAS 9.1 انجام شد. لازم به توضیح است که قبل از انجام تجزیه به عامل‌ها، آزمون‌های KMO و کرویت بارتلت صورت گرفتند که نتایج حاکی از وجود همبستگی کافی بین متغیرها و مناسب‌بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی بود. همچنین با تقسیم تصادفی داده‌ها به دو قسمت و سپس انجام جداگانه تجزیه به عامل‌ها، از اعتبار داده‌ها (Data validation) جهت انجام تجزیه به عامل‌ها نیز اطمینان حاصل شد (Manly, 1994).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که بین لاین‌ها، از نظر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا بین لاین‌های موردمطالعه بود. وجود تفاوت معنی‌دار و تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف عدس در مطالعات سایر محققان مانند Mostafaei *et al*, (2006)، Bayoumi (2008) و Toklu *et al*, (2009) نیز مشاهده شده است. در مطالعه‌ای که توسط Kumar *et al*, (2012) بر

روی ۴۳ژنوتیپ در شرایط مزرعه‌ای انجام گرفته، مشخص شد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای تنوع بالایی از نظر صفات عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت بوده‌اند.

Ruisi *et al,* (2015) در بررسی ۱۵ توده عدس طی دو سال زراعی، تنوع بالایی از لحاظ صفات فنو-مورفولوژیکی و زراعی مشاهده نمودند. در پژوهش حاضر، بیشترین (۲۱/۵۴ درصد) و کمترین (۴/۷۹ درصد) مقادیر مربوط به ضریب تغییرات خطای آزمایشی به ترتیب در صفات عملکرد زیستی و روز تا گلدهی مشاهده شد.

بررسی میانگین لاین‌های برتر (جدول ۳) نشان داد که در این تحقیق لاینی که از نظر کلیه صفات مورد بررسی مطلوب باشد، یافت نشد؛ اما تعدادی لاین مطلوب از لحاظ صفات فنولوژیک، قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه مشاهده شد. بر این اساس، لاین شماره ۲۰ (ILL590) با طول برگ زیاد، تعداد بالای غلاف در بوته، قطر زیاد ساقه، تعداد روز کمتر تا گلدهی و رسیدگی و عملکرد دانه بیشتر به‌عنوان برترین لاین در شرایط آب و هوایی شهرکرد شناخته شد. پس از آن، لاین شماره۲۸ (ILL947) قرار داشت که مقادیر بالایی از لحاظ عملکرد دانه، قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته را در کنار زودگلدهی و زودرسی از خود نشان داد. از دیگر لاین‌هایی که از نظر ویژگی‌های رویشی و فنولوژیکی برتر از سایرین بوده و تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه زیادی داشته‌اند، می‌توان به لاین‌های شماره۸۶ (ILL3963)، ۷۹ (ILL2795)، ۱۶ (ILL461)، ۱۴ (ILL459)، ۱۱ (ILL353) و ۹۲ (ILL5888) اشاره کرد.

جدول ۲- میانگین مربعات و ضریب تغییرات خطای صفات زراعی در لاین‌های خالص عدس

Table 2. Mean squares and error coefficient of variation for agronomic traits in pure lines of lentil

Agronomic traits	صفات زراعی	میانگین مربعات Mean squares	ضریب تغییرات CV (%)
Biological yield	عملکرد زیستی	172.65**	21.54
Plant height	ارتفاع بوته	33.27**	12.13
Leaf length	طول برگ	2.26**	18.09
Leaf width	عرض برگ	0.35**	17.96
RWC	محتوای نسبی آب برگ	317.68**	13.51
Number of pods per plant	تعداد غلاف در بوته	1094.70**	16.13
Weight of pods per plant	وزن غلاف در بوته	0.46**	20.25
100 seeds weight	وزن۱۰۰دانه	1.45**	11.03
Seed diameter	قطر دانه	0.30**	6.94
Stem diameter	قطر ساقه	0.19**	9.88
Days to flowering	روز تا گلدهی	26.70**	4.79
Days to maturity	روز تا رسیدگی	110.36**	6.09
Seed yield	عملکرد دانه	20314.48**	19.63

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1%, respectively.

همان‌گونه که در جدول ۳ مشخص است، اغلب لاین‌های پرمحصول، دارای روز تا گلدهی و رسیدگی کمتری نسبت به سایرین بودند. با توجه به این‌که در مناطق خشک و نیمه‌خشکی چون ایران، گیاه عدس در مراحل انتهایی رشد خود با کمبود رطوبت خاک مواجه می‌شود، در نتیجه زودگلدهی و زودرسی به‌عنوان مکانیسم‌هایی درنظرگرفته می‌شوند که صدمات ناشی از تنش خشکی را در طی تشکیل دانه کاهش می‌دهند (Bacchi *et al*., 2001). لازم به توضیح است که لاین‌های شماره۴۸ (ILL1541) و ۴۹ (ILL1645) ازلحاظ عملکرد زیستی، عرض برگ و محتوای نسبی آب برگ و لاین شماره۴ (ILL52) از لحاظ عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و وزن غلاف در بوته، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. لاین‌های شماره۷۵ (ILL2258) و ۹۵ (ILL6535) نیز به ترتیب از نظر وزن۱۰۰دانه و قطر دانه در زمره برترین لاین‌ها قرار داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین صفات زراعی در لاین‌های عدس برتر در این آزمایش

Table 3. Mean of agronomic traits in superior lentil lines of this trial

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	روز تا رسیدگی Days to maturity	روز تا گلدهی Days to flowering	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	قطر دانه (میلی‌متر) Seed diameter (mm)	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 seeds weight (g)	وزن غلاف/بوته (گرم) Weight of pods/plant (g)	تعداد غلاف/بوته Number of pods/plant	محتوای نسبی آب برگ (درصد) RWC (%)	عرض برگ (سانتی‌متر) Leaf width (cm)	طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد زیستی (گرم) Biological yield (g)	شماره لاین Number of line
						3.39					34.33	52.03	4
	74.23					1.75		69.15	1.60				8
						1.57				4.54			9
									1.63	4.46		41.24	10
733.89		62.07	2.31			1.42	101.83						11
								69.32					12
769.79	76.18	56.01											14
795.55		59.57	1.99				73.17						16
		59.43								4.68		39.59	19
1247.78	71.36	57.39	2.16				98.33			4.62			20
	76.24	57.26									32.67		22
	68.07										32.00		25
955.55	73.98	59.92	2.02				83.50				32.50		28
	77.28			4.47				72.67			33.17		30
				4.56									31
					4.70								35
								66.15	1.80			44.15	48
								78.88	2.69			55.89	49
											33.00		50
										4.87			58
					4.83								59
					4.63								75
849.44	76.37	60.65					84.67						79
880.00		56.33	2.33			1.51	98.33			4.46			86
											33.83		87
651.67			2.48				94.84						92
				4.61									95
3.33	65.92	53.57	0.41	2.60	1.00	0.01	2.00	9.59	0.10	0.33	16.58	4.17	Min
1250.00	113.12	77.79	2.89	4.61	5.25	3.41	103.00	80.34	2.71	5.13	41.67	59.08	Max
258.99	88.01	68.85	1.44	3.41	2.91	0.51	25.20	49.53	0.76	2.58	25.27	17.45	Mean
99.90	10.53	6.48	0.28	0.46	0.63	0.20	7.99	13.15	0.27	0.92	6.02	7.39	LSD 5%

پارامترهای ژنتیکی

برآورد پارامترهای ژنتیکی (جدول ۴) نشان داد که لاین‌های مورد بررسی از تنوع زیادی برای صفات کمی برخوردار بودند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، صفات وزن۱۰۰دانه، قطر دانه، محتوای نسبی آب برگ و قطر ساقه دارای وراثت‌پذیری عمومی بالایی هستند، ولی به دلیل پایین‌بودن تنوع ژنتیکی مشاهده‌شده برای صفات مذکور، امکان انتخاب والدین مطلوب در بین لاین‌های مورد بررسی چندان زیاد نبود.

در بین صفات مورد ارزیابی، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی کمترین مقادیر مربوط به ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی را به خود اختصاص دادند و با توجه به وراثت‌پذیری عمومی به‌نظر می‌رسد هر دو عامل محیطی و ژنتیکی نقش نسبتاً زیادی در بروز این صفات داشته باشند (جدول ۴). از سوی دیگر، صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته، عرض برگ و عملکرد زیستی از بیشترین مقادیر مربوط به ضریب تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی برخوردار بودند و به نظر می‌رسد که تنوع مشاهده‌شده برای صفات مذکور، بیشتر منشأ ژنتیکی داشته و امکان استفاده از این صفات به‌منظور انتخاب و اصلاح برای دستیابی به ژنوتیپ‌های مطلوب عدس وجود دارد. Chakraborty & Haque (2000) بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی را در صفات عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته گزارش کردند. در پژوهش Tyagi & Khan (2011) صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد انشعابات اولیه، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه دارای بیشترین میزان وراثت‌پذیری، ضریب تنوع ژنتیکی و پیشرفت ژنتیکی بودند. Rahimi *et al*, (2016) در بررسی ۱۱۸لاین اینبرد نوترکیب عدس طی دو سال، بیشترین

مقادیر مربوط به ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی را در صفات وزن و تعداد غلاف در بوته، عملکرد زیستی، عرض برگ و عملکرد دانه مشاهده کردند.

جدول ۴- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات زراعی در لاین‌های خالص عدس

Table 4. Estimation of genetic parameters for agronomic traits in pure lines of lentil

Agronomic traits	صفات زراعی	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation	ضریب تغییرات ژنتیکی Genetic coefficient of variation	وراثت‌پذیری عمومی Heritability	بازده ژنتیکی Genetic advance
Biological yield	عملکرد زیستی	55.38	51.02	84.87	96.83
Plant height	ارتفاع بوته	18.28	13.68	55.96	21.07
Leaf length	طول برگ	43.05	39.07	82.35	73.03
Leaf width	عرض برگ	56.95	54.05	90.06	105.66
RWC	محتوای نسبی آب برگ	27.18	23.58	75.30	42.16
Number of pods/plant	تعداد غلاف در بوته	93.54	92.14	97.03	186.97
Weight of pods/plant	وزن غلاف در بوته	95.71	93.55	95.52	188.34
100 seeds weight	وزن۱۰۰دانه	30.25	28.17	86.71	54.04
Seed diameter	قطر دانه	12.46	10.35	68.97	17.71
Stem diameter	قطر ساقه	22.71	20.45	81.08	37.93
Days to flowering	روز تا گلدهی	6.29	4.09	42.14	5.46
Days to maturity	روز تا رسیدگی	9.47	7.26	58.73	11.46
Seed yield	عملکرد دانه	41.31	36.35	77.43	65.90

برآورد روابط همبستگی

عملکرد دانه همواره به‌عنوان صفتی پیچیده درنظرگرفته شده که تحت تأثیر عوامل متعدد ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد (Sirohi & Sigh, 2007) و انتخاب برای آن بدون درنظرگرفتن صفاتی که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند، از کارآیی بالایی برخوردار نیست (Singh & Gupta, 2004). از این‌رو، رابطه بین عملکرد دانه و سایر صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون برآورد گردید (جدول۵). مشاهدات نشان داد که عملکرد دانه با صفات تعداد و وزن غلاف در بوته دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات روز تا گلدهی و رسیدگی دارای همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود. همچنین همبستگی معنی‌داری بین صفات وزن غلاف در بوته، روز تا گلدهی و رسیدگی با تعداد غلاف در بوته و همچنین بین صفات ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب برگ و روز تا گلدهی با تعداد روز تا رسیدگی به‌دست آمد. در پژوهش حاضر، صفت تعداد غلاف در بوته دارای بیشترین همبستگی معنی‌دار (r = ۰/۸۶**) با عملکرد دانه بود. بنابراین در اصلاح عدس برای افزایش عملکرد، توجه به این صفات ضروری به نظر می‌رسد. صفات تعداد و وزن غلاف در بوته با دارابودن ضرایب همبستگی مثبت و روز تا گلدهی با دارابودن ضریب همبستگی منفی با عملکرد می‌توانند به‌عنوان صفات مطلوب مورد استفاده قرار گیرند.

Anjam *et al*, (2005) نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته وجود دارد. همچنین Azizi Chakherchaman *et al*, (2009) اظهار داشتند که عملکرد دانه با روز تا گلدهی و رسیدگی همبستگی فنوتیپی منفی و معنی‌داری دارد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. در مطالعه‌ای که توسط Tadesse *et al*, (2014) بر روی ۲۲رقم عدس زراعی در دو مکان صورت گرفت، عملکرد دانه در بوته به طور مثبت و معنی‌داری با تعداد غلاف در بوته همبستگی نشان داد. نتایج تحقیقات Rahimi *et al*, (2016) حاکی از وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با عملکرد زیستی، عرض برگ، تعداد و وزن غلاف در بوته و همبستگی منفی و معنی‌دار با روز تا گلدهی و رسیدگی بود. لازم به توضیح است که در پژوهش حاضر با توجه به تعداد زیاد لاین‌های مورد بررسی، ممکن است برخی از ضرایب همبستگی تنها از لحاظ آماری معنی‌دار بوده و رابطه فیزیولوژیکی خاصی با یکدیگر نداشته باشند.

تجزیه به عامل‌ها

به‌منظور درک عمیق ساختار داده‌ها از تجزیه به عامل‌ها با استفاده از چرخش وریماکس استفاده شد (جدول ۶ و ۷).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، چهار عامل شناسایی شد که در مجموع ۷۷/۹۷درصد از تغییرات را تبیین کردند که از این مقدار، سهم اولین عامل، ۲۶/۱۶درصد، دومین عامل ۲۵/۳۷درصد، سومین عامل ۱۷/۳۰ و عامل چهارم، ۹/۱۳درصد بود.

عامل اول دارای ضرایب مثبت و بزرگ (بالاتر از ۰/۵) برای تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته و عملکرد دانه و ضرایب منفی و بزرگ برای روز تا گلدهی و رسیدگی بود که می‌توان آن را به‌عنوان عامل عملکرد و فنولوژیک معرفی کرد و درصورتی‌که انتخاب بر اساس عامل اول انجام شود، این انتخاب بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه خواهد داشت و لاین‌های برگزیده‌شده، بیشترین میزان عملکرد دانه را نشان خواهند داد.

در تجزیه همبستگی نیز بین صفات مذکور همبستگی معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۵). در عامل دوم صفات عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و محتوای نسبی آب برگ با بار مثبت مهم‌ترین نقش را داشتند و می‌توان این عامل را عامل رویشی نام‌گذاری کرد.

در عامل سوم، صفات طول و عرض بیشترین تأثیر را داشتند؛ بنابراین این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل صفات برگی نام‌گذاری کرد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات زراعی و عملکرد دانه در ۱۰۰ لاین عدس

Table 5. Pearson correlation coefficients between agronomical traits and seed yield in 100 lines of lentil

Traits	صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Biological yield	۱. عملکرد زیستی	1											
2. Plant height	۲. ارتفاع بوته	0.52**	1										
3. Leaf length	۳. طول برگ	-0.14	-0.37**	1									
4. Leaf width	۴. عرض برگ	0.25*	-0.22*	0.80**	1								
5. RWC	۵. محتوای نسبی آب برگ	0.70**	0.68**	-0.61**	-0.30**	1							
6. Number of pods per plant	۶. تعداد غلاف در بوته	0.004	0.13	0.25*	0.21*	-0.04	1						
7. Weight of pods per plant	۷. وزن غلاف در بوته	0.25*	0.22*	0.24*	0.27*	0.001	0.63**	1					
8. 100 seeds weight	۸. وزن ۱۰۰ دانه	-0.08	-0.12	-0.20*	-0.19	0.22*	0.01	-0.05	1				
9. Seed diameter	۹. قطر دانه	-0.11	-0.11	-0.06	-0.14	-0.07	-0.04	-0.02	0.16	1			
10. Stem diameter	۱۰. قطر ساقه	-0.27*	-0.04	0.001	-0.17	-0.07	0.80**	0.31**	0.19	0.08	1		
11. Days to flowering	۱۱. روز تا گلدهی	-0.32**	-0.39**	-0.02	-0.02	-0.40**	-0.51**	-0.22*	-0.14	0.26*	-0.43**	1	
12. Days to maturity	۱۲. روز تا رسیدگی	-0.35**	-0.58**	0.42**	0.31**	-0.73**	-0.47**	-0.16	-0.14	0.08	-0.29*	0.69**	1
13. Seed yield	۱۳. عملکرد دانه	-0.03	0.08	0.16	0.18	-0.04	0.86**	0.55**	0.11	-0.05	-0.04	-0.51**	-0.48**

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: significant at 5% and 1%, respectively.

جدول ۶- مقادیر ویژه و درصد واریانس صفات مختلف در تجزیه به عامل‌ها

Table 6. Eigenvalues, percentage of variance for studied traits in factor analysis

درصد واریانس تجمعی Percentage of cumulative variance	درصد واریانس Percentage of variance	مقادیر ویژه Eigenvalue	عامل اصلی Principal factor
26.16	26.16	3.88	1
51.53	25.37	3.23	2
68.83	17.30	1.96	3
77.97	9.13	1.04	4

جدول ۷- ضرایب چهار عامل اصلی (با چرخش وریماکس) برای صفات موردمطالعه در لاین‌های عدس

Table 7. Coefficients of four principal factors (with Varimax rotation) for studied traits in lines of lentil

Traits	صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
Biological yield	عملکرد زیستی	-0.12	0.88	0.33	-0.003
Plant height	ارتفاع بوته	0.07	0.80	-0.10	-0.10
Leaf length	طول برگ	0.18	-0.40	0.79	-0.13
Leaf width	عرض برگ	0.04	-0.08	0.91	-0.11
RWC	محتوای نسبی آب برگ	-0.04	0.90	-0.30	0.06
Number of pods/plant	تعداد غلاف در بوته	0.93	0.05	0.21	0.01
Weight of pods/plant	وزن غلاف در بوته	0.55	0.24	0.48	0.17
100 seeds weight	وزن۱۰۰دانه	0.18	0.02	-0.35	0.56
Seed diameter	قطر دانه	-0.06	-0.09	-0.01	0.90
Stem diameter	قطر ساقه	0.19	-0.14	-0.25	0.10
Days to flowering	روز تا گلدهی	-0.62	0.09	0.08	0.30
Days to maturity	روز تا رسیدگی	-0.76	0.07	0.31	0.05
Seed yield	عملکرد دانه	0.91	0.03	0.16	0.01

در عامل چهارم متغیرهای وزن۱۰۰دانه و قطر دانــه دارای بار عاملی مثبت و زیادی بودند که این عامل به نام عامل بــذری نــام‌گــذاری شــد. Salehi *et al*, (2008) بـا انجـام تجزیــه بــه عامل‌ها در بررسی۲۰ژنوتیپ عدس در شرایط مزرعــه‌ای، چهــار عامـل شناسـایی کردنـد کـه ۷۶/۰۵درصـد از تنـوع را پوشـش می‌دادند. این محققان بیان داشتند که صفات مربوط بـه عامـل دوم شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، عرض بوته و عملکرد دانه بوده و به‌عنوان صفات مهم دخیل در عملکرد دانـه در عـدس معرفـی شـدند. در ارزیـابی Narouei Rad *et al*, (2009) شش عامل معرفی شـدند کـه در مجمـوع ۸۰درصـد از تنوع جامعه را تبیین نموده و عامل اول دارای ضـرایب مثبـت و بزرگ برای صفات عملکرد دانه و ارتفاع بوته بود. Nouri *et al*, (2014) در ارزیابی صفات زراعـی در ۳۵ژنوتیـپ عـدس شـش عامل استخراج نمودند کـه در مجمـوع ۸۵/۹درصـد از تنـوع را پوشش می‌دادند.

تجزیه خوشه‌ای

با انجام تجزیه خوشه‌ای می‌توان تعداد زیـادی ژنوتیـپ را در چند خوشه محدود گروه‌بندی نمـود و بـر اسـاس نتـایج آن برنامه‌هـای دورگ‌گیـری را بـر اسـاس نزدیکـی و یـا دوربـودن ژنتیکی ژنوتیپ‌ها تنظیم نمـود (Upadhyaya *et al*., 2001). از این رو، به‌منظور تعیین تنوع بـین لایـن‌هـای مـورد بررسـی مختلف و تعیین قرابت بـین لایـن‌هـای مـورد بررسـی، تجزیـه خوشه‌ای به‌روش WARD بر مبنـای ۱۳صـفت مـورد مطالعـه انجام شد (شکل ۱) با توجه به تجزیه تابع تشـخیص کانونیـک، لاین‌های مورد مطالعـه در هشـت کلاسـتر گـروه‌بنـدی شـدند (جدول ۸). محاسبه میانگین و انحراف صفات مـورد بررسـی در هر کلاستر (جدول ۹) نشان داد که لاین‌های کلاستر اول دارای انحراف مثبت نسبت به میـانگین کـل از نظـر صـفات عملکـرد زیستی، ارتفاع بوته، محتوای نسـبی آب بـرگ، وزن۱۰۰دانـه و قطر دانه بودند. لاین‌های خوشه دوم از لحـاظ صـفات عملکـرد

زیستی، ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب برگ، طول و عرض برگ میانگین بیشتری داشتند. لاین موجود در خوشه سوم (لاین شماره۴) نیز با توجه به صفات رویشی و تعداد و وزن غلاف، مقادیر بیشتری نسبت به میانگین کل نشان داد. لاین‌های خوشه چهارم از نظر کلیه صفات میانگین کمتری نشان داده و روز تا گلدهی و رسیدگی بیشتری داشتند. لاین‌های واقع‌شده در خوشه‌های پنجم و ششم از لحاظ طول و عرض برگ، وزن غلاف در بوته و قطر دانه دارای انحراف مثبت نسبت به میانگین کل بودند. لاین‌های خوشه ششم دارای مقادیر بیشتر طول و عرض برگ، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه نسبت به میانگین کل بودند. لاین‌های موجود در خوشه هفتم از نظر صفات عرض برگ، تعداد و وزن غلاف در بوته، قطر دانه و ساقه و عملکرد دانه میانگین بیشتری نسبت به میانگین کل نشان دادند. در نهایت، لاین‌های موجود در خوشه هشتم از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی دارای انحراف مثبت نسبت به میانگین کل بودند و از لحاظ فنولوژیکی دارای گلدهی و رسیدگی زودتری بودند؛ بنابراین، لاین‌های موجود در کلاستر هشتم به‌عنوان مناسب‌ترین لاین‌ها در شرایط آب و هوایی شهرکرد شناخته شده و می‌توان جهت بهبود عملکرد دانه و سایر صفات از آن‌ها بهره گرفت. Roy *et al*, (2013) با ارزیابی ۱۱۰توده عدس طی دو سال، بیان داشتند که توده‌هایی که از لحاظ صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه برتر از سایرین بودند، در یک کلاستر قرارگرفته و استفاده از آن‌ها را در برنامه‌های اصلاحی آینده پیشنهاد نمودند.

جدول ۸- تجزیه تابع تشخیص برای تعیین نقطه برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای در لاین‌های عدس
Table 8. Discriminate analysis to determine the cut-off point dendrogram of cluster analysis in lines of lentil

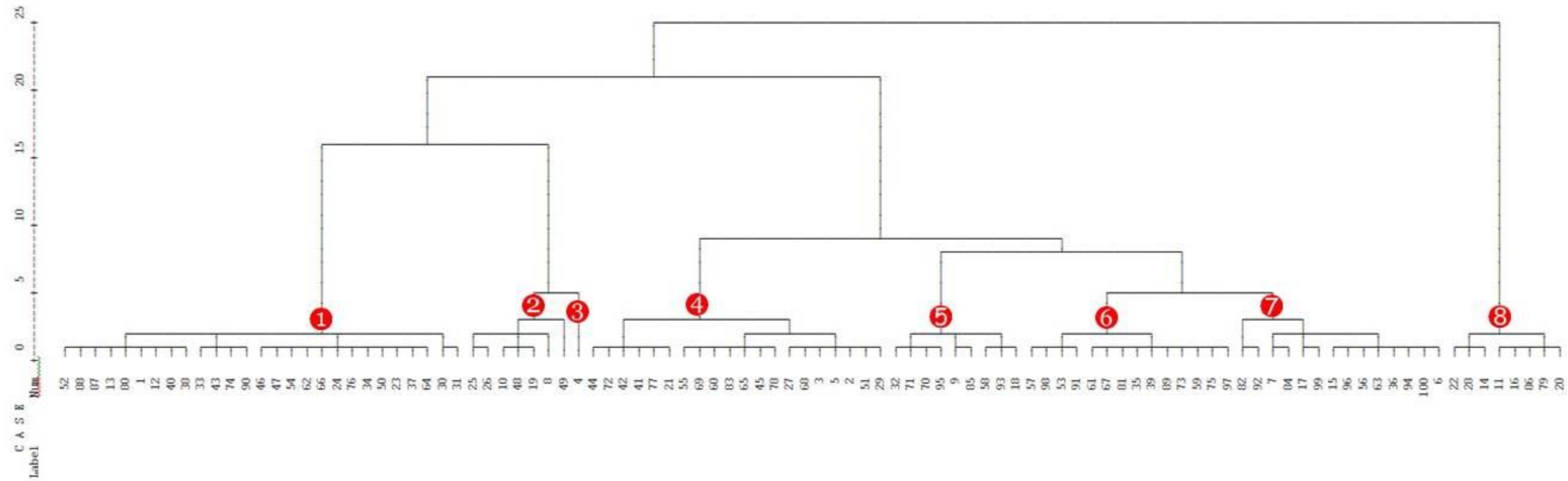
تعداد گروه‌ها No. Groups	ویلکس-لامبدا Wilks-Lambda	کای- اسکوئر Chi-square	سطح معنی‌داری Significance level
2	3×10^{-5}	895.751	0.000
3	0.001	633.864	0.000
4	0.01	408.762	0.000
5	0.42	278.518	0.000
6	0.142	172.030	0.000
7	0.333	96.816	0.000
8	0.603	44.474	0.000
9	0.891	10.154	0.118

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد تنوع ژنتیکی قابل توجهی برای صفات زراعی مختلف از جمله عملکرد و اجزای آن در لاین‌های خالص عدس مورد بررسی وجود دارد و لاین‌های ILL590، ILL947، ILL3963، ILL2795، ILL461، ILL459، ILL353 و ILL5888 از پتانسیل ژنتیکی بسیار خوبی برای افزایش عملکرد دانه برخوردار هستند. در کل، با توجه به این تنوع ژنتیکی و همچنین میزان وراثت‌پذیری عمومی بالا برای اغلب صفات، امکان بهبود آن‌ها از طریق برنامه های انتخاب فراهم می‌باشد. نتایج تجزیه همبستگی ساده نشان داد که صفات تعداد و وزن غلاف در بوته، روز تا گلدهی و رسیدگی مهم‌ترین اجزای مؤثر محسوب می‌شوند و با توجیه مقدار زیادی از تغییرات موجود در عملکرد دانه، می‌توانند برای بهبود دانه عدس در برنامه‌های به‌نژادی به‌عنوان مبنایی برای انتخاب، قابل‌توجه باشند. همچنین نکته قابل‌توجه این است که چهار عامل عملکرد و فنولوژی، رویشی، برگی و ویژگی‌های دانه در تجزیه عاملی استخراج شدند. این موضوع نشان‌دهنده این است که در فرایند رشد و محصول‌دهی لاین‌های خالص عدس در شرایط مختلف این چهار عامل نقش به‌سزایی را به عهده دارند.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) که بذرهای پژوهش را فراهم نمودند، قدردانی نمایند.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات زراعی در لاین‌های عدس
Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis of agronomic traits in lines of lentil

جدول ۹- میانگین صفات زراعی برای هشت کلاستر در لاین‌های عدس
Table 9. Mean of agronomic traits for eight clusters in lines of lentil

شماره کلاستر Number of cluster	تعداد لاین Number of lines	عملکرد زیستی (گرم) Biological yield (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm)	عرض برگ (سانتی‌متر) Leaf width (cm)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) RWC (%)	تعداد غلاف/بوته Number of pods/plant	وزن غلاف/بوته (گرم) Weight of pods/plant (g)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seeds weight (g)	قطر دانه (میلی‌متر) Seed diameter (mm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)
1	27	20.45	27.65	1.41	0.35	60.77	17.02	0.34	3.31	3.58	1.45	68.60	83.10	178.68
2	7	41.27	28.71	3.69	1.62	62.26	15.16	0.47	2.41	3.18	1.00	65.87	82.36	134.15
3	1	52.03	34.33	2.28	1.09	57.05	36.00	3.39	1.93	3.01	0.53	72.05	87.90	226.67
4	20	12.18	24.39	2.55	0.64	44.14	6.79	0.21	2.23	3.15	1.24	70.48	91.49	76.18
5	9	7.44	19.80	4.13	1.14	25.12	21.25	0.54	2.37	3.86	1.40	72.29	99.39	193.18
6	14	11.96	21.87	2.95	0.87	44.30	22.41	0.41	3.90	3.33	1.39	70.48	93.54	290.16
7	14	16.94	24.67	2.56	0.81	48.71	43.74	0.82	2.90	3.53	1.70	70.04	88.59	412.23
8	8	17.07	28.38	3.35	0.87	51.05	83.14	1.13	2.80	3.12	2.02	59.02	77.40	851.71
میانگین کل Total mean	-	17.45	25.27	2.58	0.76	49.53	25.20	0.51	2.91	3.41	1.44	68.85	88.01	258.99

منابع

1. Ahamed, K.U., Akhter, B., Islam, M.R., Humaun, M.R., and Alam, M.J. 2014. Morphological characterization and genetic diversity in lentil (*Lens culinaris* Medikus ssp. *Culinaris*) germplasm. International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology 4(1): 70-76.
2. Ahmed, A. 2009. Genetic Diversity of Lentil (*Lens culinaris*). MSc. Thesis. Patuakhali Science and Technology University. Bangladesh.
3. Alam, A.K.M.M., Podder, R., and Sarker, A. 2011. Estimation of genetic diversity in lentil germplasm. Agrivita 33(2): 103-110.
4. Anjam, M.S., Ali, A., Iqbal, SH.M., and Haqqani, A.M. 2005. Evaluation and correlation of economically important traits in exotic germplasm of lentil. International Journal of Agriculture and Biology 7(6): 959-961.
5. Azizi Chakherchaman, Sh., Mostafaei, H., Hassanpanah, D., Kazemi Arbat, H., and Yarnia, M. 2009. Path analysis of seed yield and its components of lentil in rainfed condition. Journal Of New Agricultural Science 17: 45-56.
6. Bayoumi, T.Y. 2008. Genetic diversity among lentil genotypes for drought tolerance. Journal of Agricultural Investment 3: 25-35.
7. Chakraborty, M., and Haque, M.F. 2000. Genetic variability and component analysis in lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Research, Birsa Agricultural University 12(2): 199-204.
8. FAOSTAT, F., 2014. Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat.fao.org/site/567/default
9. Fehr, W.R. 1987. Principals of Cultivar Development: Theory and Technique. McMillan, New York.
10. Gautam, N.K., Singh, N., Iquebal, M.A., Singh, M., Akhtar, J., Khan, Z., and Ram, B. 2014. Genetic diversity analysis for quantitative traits in lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm. Legume Research-An International Journal 37(2): 139-144.
11. Hoover, R., Hughes, T., Chung, H.J., and Liu, Q. 2010. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. Food Research International 43(2): 399-413.
12. Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., and Khan, M.S. 2006. Nutritional quality of important food legumes. Food Chemistry 97(2): 331-335.
13. John, P.W.M., and John, P.W. 1971. Statistical Design and Analysis of Experiments (No. 04; QA279, J6.). New York: Macmillan.
14. Kumar J., Basu, P.S., Srivastava, E., Chaturvedi, S.K., and Nadarajan, N. 2012. Phenotyping of traits imparting drought tolerance in lentil. Crop Pasture Science 63: 547-554.
15. Manly, B.F., 1994. Multivariate Statistical Methods: A Primer. CRC Press.
16. Mostafaei, H., Hssanpanah, D., and Shahriari, R. 2006. Adaptation of local and domesticated lentil genotypes in dry farming of Ardabil region. (Abstract). The First International Conference on the Theory and Practices in Biological Water Saving (ICTPB). 21-25 May, Beijing-China. http://www.conferene.ac.cn/ictpb.htm.
17. Muehlbauer, F.J., Cho, S., Sarker, A., McPhee, K.E., Coyne, C.J., Rajesh, P.N., and Ford, R. 2006. Application of biotechnology in breeding lentil for resistance to biotic and abiotic stress. Euphytica 147(1-2): 149-165.
18. Muhammed, A. 2012. Genetic Diversity in Plants (Vol. 8). Springer Science & Business Media.
19. Naroui Rad, M.R., Aghaei, M., Fanaei, H.R., and Ghasemi, M. 2009. The study of genetic variation of some morphologic and phenologic characters in lentil germplasms of warm and dry regions. Journal of Research and Development 78: 173-181. (In Persian with English Summary).
20. Nuri, M., Dashti, H., Maddah Hoseini, Sh., and Dehghan, E. 2014. Genetic diversity in the gene pool lentil using morphological traits in Bardsir. Iranian Journal of Field Crop Science 45(4): 541-551. (In Persian with English Summary).
21. Rahimi, M.H., Houshmand, S., and Khodambashi, M. 2016. Determination of the most important agronomic traits affecting seed yield in lentil (*Lens culinaris* Medik) recombinant inbred lines. Iranian Journal of Crop Sciences 18(2): 161-177. (In Persian with English Summary).
22. Rasmusson, D.C., and Phillips, R.L. 1997. Plant breeding progress and genetic diversity from de novo variation and elevated epistasis. Crop Science 37(2): 303-310.
23. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holaday, A.S. 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30(1): 105-111.
24. Roy, S., Islam, M.A., Sarker, A., Malek, M.A., Rafii, M.Y., and Ismail, M.R. 2013. Determination of genetic diversity in lentil germplasm based on quantitative traits. Australian Journal of Crop Science 7(1): 14-21.

25. Ruisi, P., Longo, M., Martinelli, F., Di Miceli, G., Frenda, A.S., Saia, S., Carimi, F., Giambalvo, D., and Amato, G. 2015. Morpho-agronomic and genetic diversity among twelve Sicilian agro-ecotypes of lentil (*Lens culinaris*). Journal of Animal and Plant Sciences 25(3): 716-728.
26. Salehi, M., Haghnazari, A., Shekari, F., and Faramarzi, A. 2008. The study of seed yield and seed yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik) under normal and drought stress conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 11(5): 758-762.
27. Singh, S.P., Gutierrez, J.A., Molina, A., Urrea, C., and Gepts, P. 1991. Genetic diversity in cultivated common bean: II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. Crop Science 31(1): 23-29.
28. Singh, T., and Gupta, K.K., 2004. Genetic diversity for yield and related traits in lentil (*Lens culinaris* Medik.). Plant Archives 4(1): 39-43.
29. Sirohi, S.P.S., Yadav, R., and Singh, R. 2007. Genetic variability, correlations and path analysis of yield and its component characters in lentil (*Lens culinaris* Medik.). Plant Archives 7(1): 295-299.
30. Tadesse, T., Leggesse, T., Mulugeta, B., and Sefera, G. 2014. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components in lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm in the highlands of Bale, Ethiopia. International Journal of Biodiversity and Conservation 6(1): 115-120.
31. Toklu, F., Biçer, B., and Karaköy, T. 2009. Agro-morphological characterization of the Turkish lentil landraces. African Journal of Biotechnology 8(17): 4121-4127.
32. Tyagi, S.D., and Khan, M.H. 2011. Correlation, path-coefficient and genetic diversity in lentil (*Lens culinaris* Medik) under rainfed conditions. International Research Journal of Plant Science 2(7): 191-200.
33. Upadhyaya, H.D., Bramel, P.J., and Singh, S. 2001. Development of a chickpea core subset using geographical distribution and quantitative traits. Crop Science 41: 206-210.
34. Whitt, S.R., Wilson, L.M., Tenaillon, M.I., Gaut, B.S., and Buckler, E.S. 2002. Genetic diversity and selection in the maize starch pathway. Proceedings of the National Academy of Sciences 99(20): 12959-12962.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 100-113

Study of genetic diversity and relationships between agronomic traits in lentil

Rahimi[1*], M.H., Houshmand[2], S., Khadambashi[2], M. & Ghasemi Siani[3], N.

1. Graduated PhD, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Iran
2. Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Iran, (s_houshmand@yahoo.com & mkhodambashi@yahoo.com, respectively)
3. Graduated PhD, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Iran, ghasemi1364@yahoo.com

Received: 4 January 2017
Accepted: 29 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.60322

Introduction

Food legumes with high amounts of protein are known as the second largest source of human food. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) have large amounts of protein (28%), micronutrients and vitamins in its seeds and is one of the beans in the world that is highly consumed in human diets. Also, its straw contains 2% minerals and 59% carbohydrates and considered valuable in animal feeding. Study of the genetic diversity is one of the most important steps in plant breeding program, so that the genetic diversity is considered as the basis of selection. By studying the diversity, the relationships between traits can be understood, too, and the best assays for high yielding are selected. In this regard, the morphological markers are the selection criteria. As reviewed above, the present research was carried out for studying the genetic diversity of 100 lines of lentil in terms of agro-morphological, determining the relationship between seed yield and other traits and selecting the superior pure lines using multivariate statistics methods.

Materials & Methods

To evaluate the 100 lines of lentil that were imported from ICARDA, an experimental field was conducted in research station of Shahrekord University in based on simple lattice 10×10 with two replications at 2012-13 cropping season. Because of the incomplete blocks within each repeat for all characteristics were non-significant, the data were analyzed as the randomized complete block design. The studied pure lines were cultivated in late winter in 3-5cm depth and 10cm intervals on the plots which consisted of 2 rows of 1m length, and 30cm between rows. During the growth season, the weeding was done manually in several times. During the study, days to flowering and days to maturity were recorded. After the physiological maturity, 10 plants of each plot were harvested and some traits such as 100 seed weight (g), plant height (cm), number of pods per plant, weight of pods per plant (g), leaf length (cm), leaf width (cm), seed diameter (mm), stem diameter (mm), biological yield per plant (g), RWC (%) and seed yield (kg/ha) were measured. Analysis of variance, comparison of means, correlation analysis, cluster analysis, factor analysis, and estimate of Phenotypic coefficient of variability (PCV), Genotypic coefficient of variability (GCV), broad sense heritability (h^2) and genetic advance (GA) were achieved to evaluate the yield performances, genetic diversity and the relationship between traits in pure lines of lentil in the present study. For above analysis, SAS software version 9.1 and SPSS software version 20 were used.

*Corresponding Author: moh124000@gmail.com

Results & Discussion

The results of analysis of variance showed that high genetic variation among studied lines as the differences between 100 pure lines were significant at 1% probability level. According to the means comparison, it was not observed a desirable line in terms of all studied traits but the superior pure lines (ILL590, ILL947, ILL3963, ILL2795, ILL461, ILL459, ILL353 and ILL5888) in terms of phonological characters, stem diameter, number of pods per plant, plant height and seed yield were identified. Number of pods per plant, weight of pods per plant, leaf width and biological yield had the highest values of GCV, h^2 and GA. The correlation analysis indicated that seed yield had positive and significant correlation with number of pods per plant and weight of pods per plant at 1% probability level; while its relationship with days to flowering and days to maturity was negative and significant at 1% probability level. Thirteen agronomic traits have been classified into four groups which expressed 77/97% diversity of the total variation according to the factor analysis Each of the first, second, third and fourth components were able to allocate 26.16%, 25.37%, 17.30% and 9.13% respectively. Cluster analysis using Euclidean distance with Ward's method placed the studied lines into eight groups and desirable lines in Shahrekord climate were grouped on the cluster 8.

Conclusion

Identification of relationship between agronomic traits and genetic diversity can help the breeders to select the best traits and varieties. The results of this study showed significant genetic variation for agronomic traits in lines of lentil and lines ILL590, ILL947, ILL3963, ILL2795, ILL461, ILL459, ILL353 and ILL5888 had high genetic potential for increasing the seed yield. Also, the number and weight of pods per plant, days to flowering and maturity can be used to improve the seed yield in breeding programs.

Keywords: Cluster analysis, Correlation, Factor analysis, Genetic diversity, Pure lines of lentil